Die Keimung der Lebermoossporen in ihrer Beziehung zum Lichte.

Von **H. Leitgeb.**

(Mit 1 Tafel.)

Die zahlreichen Keimversuche, welche in den letzten Jahren von mir und mehreren meiner Schüler mit Lebermoossporen angestellt wurden, haben ergeben, dass bei den meisten Lebermoosen (Riccieen, Marchantiaceen, Anthoceroten und einigen Jungermannieen) die Keimung mit der Bildung eines längeren oder kürzeren Schlauches — des Keimschlauches — beginnt, an dessen Spitze sich dann eine kugelige Endzelle abgliedert, die zu einer Zellfläche der Keimscheibe auswächst, an deren einem Rande dann das Pflänzchen hervorsprosst.

Die Bildung des Keimschlauches wird auch schon von früheren Beobachtern (Gottsche, Grönland, Lortet) erwähnt und betont, dass derselbe öfters auch fehlen kann, sich aber vorzüglich bei gehäufter Sporenaussaat ausbilde. Ebenso wird angegeben, dass die Keimschläuche dem Lichte entgegen wachsen. Die an der Spitze des Keimschlauches sich bildende „Keimscheibe" wurde ebenfalls, namentlich von Grönland, als ein dem Auftreten des eigentlichen Pflänzchens vorangehendes Gebilde erkannt, das auch an in der Entwicklung weiter vorgeschrittenen Pflänzchen von diesen ziemlich scharf abgegrenzt ist.

Es ist hier nicht meine Absicht, die Keimungsvorgänge, wie sie sich bei den einzelnen Gattungen und Arten in ihren einzelnen Variationen und specifischen Eigenthümlichkeiten darstellen, im Detail zu schildern; es werden dieselben an einem anderen Orte ausführliche Besprechung finden. Ich will hier nur auf jene allgemeinen Gestaltungsvorgänge Rücksicht nehmen, welche gewissermassen als der Ausdruck des morphologischen

Bildungstriebes gelten können, und die Umstände erörtern, unter welchen sie durch äussere Agentien und namentlich durch das Licht beeinflusst werden.

Die Bildung des aus der Spore sich entwickelnden Keimschlauches und das endliche Auftreten der Keimscheibe an der Spitze des letzteren tritt unter allen von mir untersuchten Formen am deutlichsten hervor bei den Marchantiaceen und unter diesen wieder bei den Gattungen *Preissia*[1], *Reboulia*, *Duvallia* und *Grimaldia*: Der Keimung geht immer voraus das Auftreten von Chlorophyll in der sonst noch unveränderten Spore. Das Hervorbrechen des Endospors durch Dehnung und Zerreissen des Exospors geschieht nie an der gekrümmten und immer stärker verdickten Wand, sondern an den 3 Flächen, mit welchen die Spore an ihre Schwestersporen angrenzte. Häufig zerreisst das Exospor genau nach den 3 Leisten, in anderen Fällen aber an beliebigen Stellen jener 3 Flächen, in welch' letzterem Falle dem Zerreissen immer eine starke Dehnung desselben vorausgeht. Fast ausnahmslos tritt das Endospor zuerst als ein ziemlich dicker stumpfer Höcker hervor, an dessen Spitze sich das Chlorophyll sammelt. Während nun dieser Höcker zum Keimschlauche auswächst, bricht an seiner Basis, also gewissermassen als Aussackung desselben und öfters von ihm nicht einmal durch eine Querwand getrennt (*Preissia*), das erste Rhizoid hervor, das schon kurz nach seinem Sichtbarwerden sich durch die viel geringere Weite wie durch den Mangel des Chlorophylls von dem Keimschlauchanfange scharf unterscheidet. Sehr häufig geschieht es (*Duvallia*), dass das Rhizoid aber nicht an der Basis des Keimschlauches entsteht, also mit diesem nicht aus dem *einen* im Exospor gebildeten Riss hervortritt, sondern dass es das letztere selbständig durchbricht. Anderseits beobachtet man öfters, dass die Entstehung des Rhizoids an der Spore ganz unterbleibt, oder dass dieses selbst *vor* Bildung des Keimschlauches in die Erscheinung tritt.

Die Länge des Keimschlauches und seine Wachsthumsrichtung ist abhängig von der Intensität des Lichtes und von der

---

[1] Vergl. Hansel: Keimung von *Preissia commutata* im Sitzber. d. Wien. Ak., Bd. LXXIII. 1876.

Richtung des einfallenden Lichtstrahles. Bei Abschluss des Lichtes tritt, wie bekannt, keine Keimung ein und es unterbleibt auch die Bildung des Chlorophylls in der Spore: Sporenaussaaten von *Duvallia* und *Preissia* zeigten sich im Dunkeln nach mehreren Wochen noch durchaus unverändert, während an anderen zu gleicher Zeit gemachten Aussaaten, die dem Tageslichte ausgesetzt wurden, während die übrigen Verhältnisse (Wärme, Feuchtigkeit, Luftzutritt etc.) gleich geblieben waren, schon nach wenigen (4—6) Tagen die ersten Keimungsstadien zu bemerken waren. Von jener im Dunkeln gehaltenen Sporenaussaat wurde nun die eine Hälfte beleuchtet und es zeigten sich an dieser in gleicher Weise schon nach wenigen Tagen die ersten Keimungsstadien.

Auch die Einwirkung eines Lichtes hinreichender Intensität ist eine Bedingung der Keimung, und von dieser unteren Grenze an, die wahrscheinlich mit der zusammenfällt, bei welcher auch die Chlorophyllbildung beginnt, erfolgt die Keimung um so rascher, je mehr die Helligkeit gesteigert wird. Ich weiss aber nicht mit voller Bestimmtheit anzugeben, ob, wie es wahrscheinlich ist, auch hier ein Licht mittlerer Intensität günstiger wirkt als directes Sonnenlicht.

Ein einfacher Versuch bestätigt das oben Gesagte: Beleuchtet man eine Aussaat in der Weise, dass dem diffusen Tageslichte nur durch einen schmalen Spalt der Zutritt gestattet ist, so tritt die Keimung zuerst an der stärkst beleuchteten Stelle ein und es erscheint am Substrate später ein der Richtung und Grösse des Spaltes entsprechender grüner Streifen. Erst später erfolgt die Keimung auch an den benachbarten schwächer beleuchteten Partieen, bis an noch weiter entfernten Stellen, wo die Lichtintensität zu gering ist, jede Keimung unterbleibt.

Die Keimschläuche wachsen dem Lichte entgegen. Ihre Richtung gegen das Substrat wird fast ausschliesslich (wenigstens bei noch kurzen Keimschläuchen und abgesehen von einem schwachen negativen Geotropismus) durch die Richtung des einfallenden Lichtstrahles bestimmt. Sie stehen daher bei vertical von oben einfallendem Lichte vertical[1] und wachsen in gleicher

[1] In diesem Sinne corrigirt sich die im Hefte I, pag. 55. Anm. 1 meiner „Untersuchungen über die Lebermoose“ gemachte Bemerkung.

Weise nach abwärts, wenn die untere Seite besäet wird und das Licht von unten einfällt. Bei vertical stehendem Substrate und horizontal einfallendem Lichte stehen die Keimschläuche senkrecht auf dem Substrate, zeigen aber bei einiger Länge eine schwache Krümmung zenithwärts als Folge eines geringen Geotropismus, wobei aber wohl zu bedenken ist, dass die Schwere des mit Plasma dicht erfüllten Keimschlauchendes und die später hier entstehende, der Bildung der Keimscheibe vorangehende Massenzunahme diesem Krümmungsbestreben entgegenwirkt. Stellt man die Substratfläche parallel dem einfallenden Lichtstrahle, so wachsen die Keimschläuche, dicht dem Substrate angeschmiegt, über dieses hin und werden dann öfters den Protonemafäden der Laubmoose ähnlich.

Die Länge der Keimschläuche ist abhängig von der Intensität des Lichtes, in der Weise, dass dieselben um so länger werden, einem je schwächeren Lichte sie ausgesetzt sind. In dem oben erwähnten Versuche, wo das Licht nur durch einen schmalen Spalt Zutritt hatte, war diese Erscheinung besonders auffallend; es zeigten sich die kürzesten Keimschläuche an den direct beleuchteten (und zuerst ergrünten) Stellen, die längsten seitlich und an den Grenzen, wo überhaupt noch Keimung stattfand.

So lange der Keimschlauch in die Länge wächst, folgt seine Spitze, insoweit sie noch in Längenwachsthum begriffen, jeder Veränderung in der Einfallsrichtung des Lichtes, und es wurde schon seinerzeit von Fellner[1] erwähnt, dass es in der Weise gelingt, Keimschläuche zu ziehen, die mehrmals unter den verschiedensten Winkeln abgebogen erscheinen.

Die Bildung der Keimscheibe an der Spitze des Keimschlauches wird dadurch eingeleitet, dass dessen Ende kopfförmig anschwillt und dass diese Anschwellung durch eine Querwand abgegrenzt wird. Typisch theilt sich nun diese kopfförmige Endzelle durch eine Querwand in 2 übereinanderliegende Zellen, deren jede nun weiter getheilt wird durch Längswände,

---

[1] Keimung von *Riccia glauca* im Jahresber. d. ak. natw. Ver. in Graz. 1875.

die wenigstens in der oberen Zelle zur Bildung von 4 quadrantisch gelegenen Zellen führen, während in der unteren meist nur 2 oder 3 nebeneinander liegende Zellen erscheinen. Zu gleicher Zeit wächst der so gebildete Zellkörper in die Breite, doch immer so, dass das Breitenwachsthum im oberen Stockwerke das im unteren überwiegt, wodurch der am Ende des Keimschlauches gebildete Zellkörper die Form eines verkehrten Kegelstutzes erhält (Fig. 1, 12). Es ist, wie gesagt, dies die typische Form der Bildung der Keimscheibe. In Ausnahmsfällen gehen der Abscheidung der kopfförmigen Endzelle mehrere Quertheilungen voraus und es erscheint daher der Keimschlauch an der Spitze gegliedert; — oder es wiederholt sich die Quertheilung in den beiden Stockwerken der Keimscheibe selbst, wodurch diese höher wird, wie dies namentlich schön bei *Grimmaldia* eintritt (Fig. 3).

Zur Bildung der Keimscheibe ist ein Licht eines bestimmten Minimums von Intensität nothwendig. In einem Lichte, welches noch eben hinreicht, um die Keimung der Sporen und die Bildung der Keimschläuche einzuleiten, bilden sich keine Keimscheiben: Die Keimschläuche wachsen auf bedeutende Längen heran und gehen dann zu Grunde.

Die Keimscheibe bildet sich immer in der Weise aus, dass sich ihre obere freie Fläche senkrecht stellt auf die Richtung des einfallenden Lichtstrahles. Sie sollte also bei gleichbleibender Richtung des Keimschlauches und des einfallenden Lichtstrahles immer auf dem ersteren senkrecht stehen. Wir finden nun auch diese Lage wenigstens anfangs fast ausnahmslos eingehalten und namentlich sehr deutlich in die Erscheinung tretend, wenn man die Beleuchtungsverhältnisse so wählt, dass kurze vertical stehende Keimschläuche (siehe oben) getrieben werden. Bei geneigter Lage der Keimschläuche aber (wie man sie namentlich bei am Fensterbrette gezogenen Culturen erhält) wird die Neigung derselben gegen den Horizont, namentlich wenn sie etwas länger sind, in Folge des Collabirens des Schlauches und des durch die Bildung der Keimscheibe verstärkten Zuges nach abwärts immer geringer, in Folge dessen wird aber auch der Winkel, unter dem sich Keimscheibe und Keimschlauch treffen, verändert. Diese Veränderung in der

Neigung der Keimscheibe gegen den Keimschlauch wird bewirkt theils durch Krümmungen, die das noch eines Längenwachsthumes fähige Ende des Keimschlauches ausführt, oder, falls in diesem das Wachsthum erloschen ist (was nach Bildung der zwei Stockwerke der Keimscheibe immer der Fall zu sein scheint), durch einseitig überwiegendes Wachsthum im unteren Stockwerke oder (bei Vervielfältigung der letzteren durch Quertheilungen) in den unteren Etagen der Keimscheibe.

Ist die Keimscheibe in die zwei Stockwerke zerfallen und ist einmal im oberen Stockwerke die Quadrantentheilung eingetreten, so geht die Weiterbildung derselben und die endliche Anlage des Pflänzchens immer von diesen 4 Zellen aus; die unteren Stockwerke sind im Wesentlichen nicht mehr weiter betheiligt; die Fläche der Keimscheibe ist gebildet von diesen 4 Zellen des oberen Stockwerkes und jede Veränderung in der Richtung des einfallenden Lichtstrahles bewirkt eine Veränderung in der Neigung dieser Fläche. Es scheint aber, dass unter gewissen Umständen auch Zellen des unteren Stockwerkes in die Bildung der Fläche der Keimscheibe eintreten können: An einer Cultur, in welcher sich die Keimschläuche durch entsprechende Beleuchtung vertical über das Substrat erhoben hatten und wo dieselben eben in der Anlage der Keimscheibe (Bildung der kopfförmigen Endzelle und Quertheilung dieser) begriffen waren, wurde nun die Beleuchtung in der Weise geändert, dass das früher vertical von oben einfallende Licht nun in horizontaler Richtung Zutritt erhielt, so dass nun also die Keimschläuche und somit auch die Keimscheibenanlage von der Seite beleuchtet wurden. Nach mehreren Tagen fanden sich unter den weiter vorgeschrittenen Keimungsstadien Formen, aus denen hervorzugehen schien, dass die Lichtstellung der Keimscheibenfläche nicht durch eine in dem oberen Ende des Keimschlauches oder in dem unteren Theile der Keimscheibe erfolgte Krümmung bewirkt worden sei, sondern dadurch, dass die dem Lichte zugekehrte Fläche der Keimscheibe aus den beleuchteten Hälften beider Stockwerke sich gebildet habe (Fig. 9).

Nach Bildung der vier die Keimscheibe nach der Lichtseite abgrenzenden quadrantisch gelegenen Zellen erlischt in drei

derselben das Wachsthum schon nach kurzer Zeit, während der vierte Quadrant zum Pflänzchen auswächst.[1]

Es ist nicht meine Absicht, hier die Regel der Zellvermehrung, wie sie in den einzelnen Quadranten stattfindet, zu schildern, ebensowenig, als ich hier die Theilungsvorgänge erörtern will, nach welchen in dem bevorzugten Quadranten das Hervorwachsen des Pflänzchens eingeleitet wird, und ich will nur vorübergehend bemerken, dass in letzterer Beziehung entweder sogleich das typische Spitzenwachsthum des Thallus der *Marchantiaceen* (auch von *Anthoceros, Pellia calycina, Blasia* etc.) sich geltend macht, wie bei *Grimmaldia, Reboulia, Duvallia, Riccia*, oder dass vorerst eine zweischneidige Scheitelzelle gebildet wird und erst später jener Wachsthumsvorgang auftritt, wie dies typisch bei *Preissia* und *Marchantia* der Fall ist, öfters aber auch bei anderen Arten beobachtet wird (Fig. 6).

Das Pflänzchen entwickelt sich immer aus einem dem Lichte zugekehrten Quadranten und wahrscheinlich ist es immer der am stärksten beleuchtete; es wächst also das junge Pflänzchen bei unveränderter Einfallsrichtung des Lichtes immer diesem entgegen. So lange als die Weiterbildung des einen Quadranten noch nicht begonnen hat, also unmittelbar nach Bildung der Keimscheibe, ist jeder Quadrant zur Weiterentwicklung befähigt und man kann bei entsprechender Abänderung der Beleuchtung auch aus einem der beiden ursprünglich vom Lichte abgekehrten Quadranten das Pflänzchen erziehen. Hat aber einmal der eine Quadrant seine Weiterbildung begonnen, so wird dieselbe durch veränderte Beleuchtung nicht weiter gehemmt, um etwa in einem nun günstiger situirten zu beginnen, sondern nur in der Weise modificirt, dass die Scheitelfläche in Bezug auf Beleuchtung wieder in die günstigste Lage kommt. In Culturen, in denen die Keimung soweit vorgeschritten war, dass das stärkere Wachsthum des einen Quadranten eben zu erkennen war, wurden nun die beiden dem Lichte abgekehrten Quadran-

---

[1] In abnormen Fällen kann es geschehen, dass sich aus einem der Quadranten der Keimscheibe, statt dass derselbe zur Entwicklung des Pflänzchens fortschreitet, abermals ein dem Keimschlauche ähnliches Gebilde entwickelt, das sich dann ganz wie der Keimschlauch verhält. (Vergl. Hansel: Keimung der Preissia etc.)

ten beleuchtet. Die Pflänzchen, nach einigen Tagen wieder untersucht, hatten sich in verschiedener Weise ausgebildet. Der grösste Theil derselben war in der Weise verändert, dass der durch die Weiterentwicklung des bevorzugten Quadranten gebildete Thallustheil aufgebogen war und so seine obere Seite senkrecht gegen den einfallenden Lichtstrahl gestellt hatte, in gleicher Weise, wie wir dies auch an erwachsenen Pflanzen, bei denen die Einfallsrichtung des Lichtes geändert wird, beobachten. Bei einem anderen Theile war aber das Wachsthum des bevorzugten Quadranten in der Weise abgeändert worden, dass das zugewachsene Stück in der Ebene der Keimscheibe nach rückwärts gebogen erschien, so dass nun das Pflänzchen wieder in gleicher Weise, wie vor Abänderung des Versuches, dem Lichte entgegen wuchs. Wahrscheinlich wird dieses verschiedene Verhalten durch die Richtung bestimmt, in welcher der sich fortbildende Scheitel am stärksten beleuchtet wird. Die Schwierigkeiten, dies experimentell festzustellen, sind aber zu gross und Täuschungen, namentlich in Folge der mangelnden Stabilität der durch den zarten Keimschlauch über das Substrat frei erhobenen Keimscheibe zu leicht möglich, und ich musste nach vielen vergeblichen Versuchen auf Beantwortung der diesbezüglichen Fragen verzichten.

Wenn man Aussaaten genügend lange Zeit unter ungeänderten Beleuchtungsverhältnissen erhält, so wächst der bevorzugte Quadrant in der Weise zum Pflänzchen aus, dass seine Oberseite (also die der Insertion des Keimschlauches abgekehrte Seite) zur Oberseite des Pflänzchens wird und dass sich an dieser früher *(Grimmaldia, Reboulia)* oder später *(Duvallia)* die Spaltöffnungen bilden, während an der Unterseite die Rhizoiden sich entwickeln. Die dadurch ausgesprochene Bilateralität ist, wie am Thallus erwachsener Pflanzen und an den bei *Marchantia* aus Brutknospen sich entwickelnden Sprossen, unwiderruflich inhärent, und es gelingt in keiner Weise, durch geänderte Beleuchtung die Organisation der beiden Thallusseiten umzukehren.

Es wäre zweifellos vom höchsten Interesse, die Frage zu beantworten, zu welcher Zeit dem Keimgebilde diese Bilateralität inducirt wird: Ob erst mit dem Auftreten der Spaltöffnungen an

der beleuchteten Seite oder ob schon in dem Momente, wo im bevorzugten Quadranten die Weiterentwicklung bemerkbar wird, und weiter, ob nicht vielleicht der Keimscheibe selbst schon Bilateralität zukommt, und also die der Insertion des Keimschlauches abgekehrte Seite unter allen Umständen zur mit Spaltöffnungen besetzten Oberseite wird? In Bezug auf den ersten Theil der Frage bin ich zu keiner befriedigenden Antwort gelangt, wohl aber in Bezug auf den zweiten Theil, und ich kann mit voller Bestimmtheit sagen, dass in der Keimscheibe und genauer, in der durch die vier quadrantischen Zellen gebildeten Keimscheibenfläche eine solche Bilateralität noch nicht vorhanden ist. Es verhält sich dieselbe in dieser Beziehung genau so, wie die Brutknospen von *Marchantia*. In dieser Beziehung zeigte Pfeffer[1] in einer mustergiltigen Abhandlung, dass beide Seiten der Brutknospe anatomisch und physiologisch durchaus gleichwerthig sind und auch späterhin, wenn an ihnen schon die Weiterentwicklung der Sprosse begonnen hat, durchaus gleichwerthig bleiben, dass eine Bilateralität überhaupt nur den Seitensprossen, und zwar schon im Beginne ihrer Entwicklung inducirt und denselben sogleich inhärent wird, und zwar in der Weise, dass unter allen Umständen die beleuchtete Seite zur anatomischen Oberseite wird, gleichviel ob diese der Erde oder dem Zenithe zugewandt ist.

Die Constatirung dieser wichtigen und bemerkenswerthen Thatsache gelang mir in folgender Weise: Da die Keimschläuche dem Lichte entgegen wachsen und die Keimscheibe ihre obere Fläche senkrecht auf die Richtung des einfallenden Lichtstrahles stellt, so war es möglich, Keimlinge zu erziehen, welche ihre Keimscheibenfläche vertical gestellt hatten. Es war nur nothwendig, auf horizontalem Substrate die Lichtstrahlen parallel der Oberfläche desselben einfallen zu lassen, was durch einen in der Höhe der besäeten Fläche befindlichen Horizontalspalt möglich war. Die Schläuche wuchsen, parallel der Substratfläche und dieser anliegend, dem Lichte entgegen und an ihren Enden bildeten sich Keimscheiben mit vertical gestellter Fläche.

---

[1] Studien über Symmetrie etc., in „Arbeiten des bot. Laboratoriums in Würzburg.“ Heft 1, 1871.

Wurde nun die Aussaat in der Horizontalebene um 180° gedreht und der Spalt in gleicher Weise abgeändert, so trafen die Lichtstrahlen die Unterseiten der Keimscheiben. Nach mehreren Tagen, als die Keimlinge in ihrer Entwicklung merklich vorgeschritten waren, wurden sie nun untersucht, und es war die dem Lichte zugewendete Seite anatomisch als Oberseite ausgebildet.[1] Dass diese Seite aber in der That der ursprünglichen Unterseite der Keimscheibe entsprach, liess sich leicht dadurch constatiren, dass an der gleichen Seite, an welcher die Spaltöffnungen sich zeigten, auch die Insertion des Keimschlauches an der Keimscheibe deutlich erkennbar war (Fig. 11).

In Zusammenfassung des oben Erwähnten ergeben sich als die wesentlichsten Resultate:

1. Bei vielen Lebermoosen erfolgt die Keimung in der Weise, dass aus der Spore sich zuerst ein Zellfaden (Keimschlauch) entwickelt, an dessen Spitze dann ein Zellkörper (Keimscheibe) gebildet wird. Diese Keimscheibe zeigt in ihrem obersten Stockwerke immer Quadrantentheilung, und das Pflänzchen entwickelt sich stets aus einem dieser Quadranten.

2. Zur Keimung der Sporen ist ein Licht eines bestimmten Minimums von Intensität nothwendig.

3. Die zur Einleitung der Keimung (Bildung des Keimschlauches) noch genügende Lichtintensität reicht nicht hin zur Bildung der Keimscheibe an der Spitze des Keimschlauches. Es wachsen in diesem Falle die Keimschläuche zu bedeutender Länge heran, und gehen dann zu Grunde.

4. Die Keimschläuche wachsen dem Lichte zu und die Keimscheibe stellt sich senkrecht auf die Richtung des einfallenden Lichtstrahles.

---

[1] Bei Herausnahme geeigneter Pflänzchen zum Zwecke der Untersuchung hat man sorgfältig darauf zu achten, dass solche genommen werden, welche ihre Keimscheiben vor der Umdrehung des die Aussaat enthaltenden Gefässes ausgebildet hatten, was aus der Richtung der Keimschläuche leicht constatirt werden kann. Es ist dies desshalb nothwendig, weil nie sämmtliche Sporen zu gleicher Zeit zu keimen beginnen; einige daher zur Zeit des Umdrehens erst in der Bildung der Keimschläuche begriffen sind, andere wohl gar erst später auskeimen.

5. Kurz nach Bildung der Keimscheibe ist jeder Quadrant in gleicher Weise zur Weiterentwicklung befähigt; doch trifft diese (d. i. das Auswachsen zum Pflänzchen) immer einen der dem Lichte zugekehrten Quadranten.

6. In gleicher Weise zeigt die Keimscheibe als solche noch keine Bilateralität und es hängt ganz von der Beleuchtung ab, welche Seite des bevorzugten Quadranten zur anatomischen Oberseite des Pflänzchens auswächst.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1. (160). Keimung von *Duvallia rupestris.* Hier wie in allen folgenden Figuren bedeutet:

Sp = Spore
K = Keimschlauch
Sch = Keimscheibe
Rh = Rhizoid.

" 2. (350). Die Keimscheibe des in Fig. 1 dargestellten Objectes von der oberen Fläche (Keimscheibenfläche) gesehen. Die 4 ursprünglichen Quadranten sind durch stärker gehaltene Linien abgegrenzt. Links oben liegt der bevorzugte Quadrant.

" 3. (50). Keimung von *Grimaldia barbifrons.*

" 4. (350). Die Keimscheibe des in Fig. 3 dargestellten Objectes von der oberen Fläche gesehen. Im bevorzugten Quadranten (rechts oben) sind schon 4 Spaltöffnungen sichtbar.

" 5. (160). Keimscheibenfläche von *Duvallia rupestris.* Der bevorzugte Quadrant links oben.

" 6. (280). Keimscheibenfläche von *Duvallia rupestris.* Rechts oben der bevorzugte Quadrant, der mit zweischneidiger Scheitelzelle fortwuchs. Der punktirte Kreis deutet an die Insertion des Keimschlauches auf der abgekehrten Seite.

" 7. (350). Keimscheibenfläche von *Reboulia hemisphaerica.* Der bevorzugte Quadrant liegt links oben.

" 8. (350). Dasselbe Präparat im in der Richtung x—y geführten Durchschnitte.

" 9. (280). Abnorm ausgebildetes Keimpflänzchen. Vergl. Text pag. 6.

" 10. (160). Keimpflänzchen von *Duvallia rupestris.* *Sp*: Spaltöffnungen.

" 11. (160). Abnorm entwickeltes Keimpflänzchen von *Reboulia hemisphaerica.* Die Spaltöffnungen (*Sp*) tragende Seite ist der Insertion des Keimschlauches zugekehrt. Vergl. Text pag. 10.

" 12. (160). *Reboulia hemisphaerica.* Aus der Spore haben sich 2 Keimschläuche (mit Keimscheiben) entwickelt.